



# Guía del ciudadano: El enjuague del suelo in situ

Oficina de Innovaciones Tecnológicas

Ficha tecnológica

## ¿Qué es el enjuague del suelo in situ?

El enjuague del suelo in situ es una técnica de tratamiento innovadora que consiste en inundar suelos contaminados con una solución que lleva los contaminantes hasta un lugar donde pueden extraerse. "In situ" (que significa "en el lugar") se refiere al tratamiento de tierra contaminada sin excavarla ni sacarla de su lugar.

El tipo de solución que se necesita para el tratamiento depende de los contaminantes que se hallen en el suelo en un lugar determinado. La solución de enjuague generalmente es uno de los siguientes líquidos: 1) *agua solamente* o 2) *agua con aditivos* tales como ácidos (pH bajo), bases (pH alto) o agentes tensioactivos (como detergentes).

El *agua* se usa para tratar contaminantes que se disuelven fácilmente en el agua. Una *solución acídica* es una mezcla de agua y ácido, como ácido nítrico o ácido clorhídrico. Las soluciones acídicas se usan para extraer metales y contaminantes orgánicos, como los que se encuentran generalmente en el reciclaje de baterías o en procesos de cromado industrial. Por ejemplo, la contaminación con zinc, una de las

posibles consecuencias de las operaciones de cromado, se trataría con una solución acídica. Una *solución básica* es una mezcla de agua y una base, como hidróxido de sodio. (El amoníaco es un ejemplo de una base que se usa comúnmente en el hogar.) Las soluciones básicas se usan para tratar fenoles y algunos metales. Un *agente tensioactivo* puede ser un detergente o un emulsor. Los emulsores facilitan la mezcla de sustancias que normalmente no se mezclan, como aceite y agua. Por esta razón, las soluciones tensioactivas son eficaces para retirar contaminantes oleosos.

También se está investigando el uso de agua con *solventes orgánicos* como solución de enjuague. Los solventes orgánicos, como el etanol, se usan para disolver ciertos contaminantes que el agua sola no puede disolver.

## ¿Cómo funciona?

La figura 1 de la página 2 es un esquema de un tipo de enjuague del suelo in situ. El proceso comienza con la perforación de pozos de inyección y de extracción en el suelo contaminado. La cantidad, la ubicación y la profundidad de los pozos de inyección y

### Perfil del enjuague de suelos in situ

- Se inyecta una solución de lavado en suelos sin excavar para arrastrar los contaminantes hasta un lugar donde puedan extraerse.
- Es sumamente eficaz para el tratamiento de suelos con bajo contenido de limo o arcilla.
- Requiere la perforación de pozos de inyección y de extracción en el lugar.
- El equipo es portátil y puede llevarse hasta el lugar de las operaciones.
- Exige una mayor comprensión de las características geológicas del sitio que otras técnicas.

de extracción dependen de varios factores geológicos y consideraciones técnicas. Los pozos pueden instalarse en forma vertical u horizontal. Además de la colocación de los pozos, hay que trasladar hasta el sitio otros equipos (como un sistema de tratamiento de aguas residuales) o construirlos in situ.

La solución de enjuague se introduce en los pozos de inyección por bombeo y pasa por el suelo, arrastrando contaminantes mientras se dirige a los pozos de extracción. En los pozos de extracción se recoge el *elutriado*, o sea la solución de enjuague mezclada con los contaminantes.

El elutriado se extrae del suelo por bombeo en los pozos de extracción y generalmente pasa a un sistema de tratamiento de aguas residuales para retirar los contaminantes. Los contaminantes son tratados o eliminados, y el agua tratada puede reutilizarse en la solución de enjuague o eliminarse de otra forma aceptable. Debido a que se trata de un proceso circular, los sistemas de enjuague del suelo in situ a menudo se denominan sistemas de inyección y recirculación.

### ¿En qué difieren las técnicas de enjuague del suelo y lavado del suelo?

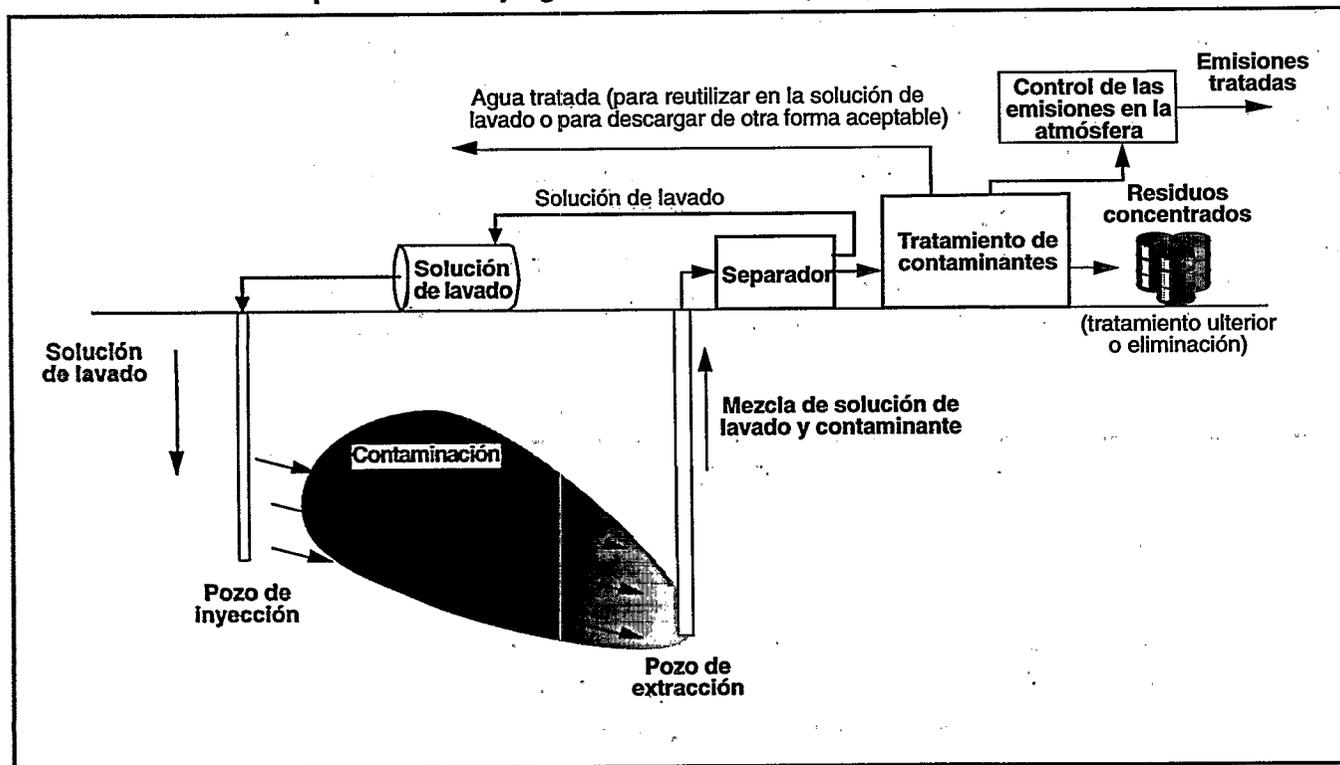
Con el enjuague, el suelo es sometido a un tratamiento in situ con un sistema de inyección y recirculación. El lavado del suelo consiste en excavar el suelo contaminado y tratar la tierra en la superficie en una lavadora de tierra.

El humo o los vapores contaminados que puedan emitirse durante el tratamiento de las aguas residuales se recogen y se someten a un tratamiento.

### ¿En qué casos convendría usar la técnica de enjuague del suelo in situ?

El enjuague del suelo in situ puede adaptarse al tratamiento de determinados contaminantes. Por ejemplo, si un lugar está contaminado con desechos oleosos, se pueden agregar agentes tensioactivos a la solución de enjuague para facilitar su remoción del suelo.

Figura 1  
El proceso del enjuague del suelo in situ (con pozos verticales)



### ¿Qué son las técnicas de tratamiento innovadoras?

Las *técnicas de tratamiento* son procesos que se aplican a desechos peligrosos o materiales contaminados para alterar su estado en forma permanente por medios químicos, biológicos o físicos. Con técnicas de tratamiento se pueden alterar materiales contaminados, destruyéndolos o modificándolos, a fin de que sean menos peligrosos o dejen de ser peligrosos. Con ese fin se puede reducir la cantidad de material contaminado, recuperar o retirar un componente que confiera al material sus propiedades peligrosas o inmovilizar los desechos.

Las *técnicas de tratamiento innovadoras* son técnicas que han sido ensayadas, seleccionadas o utilizadas para el tratamiento de desechos peligrosos o materiales contaminados, aunque todavía no se dispone de datos bien documentados sobre su costo y resultados en diversas condiciones de aplicación.

Además, como el enjuague del suelo se realiza in situ, se reduce la necesidad de excavación, movimiento o transporte de las sustancias peligrosas. El proceso ha resultado sumamente eficaz para retirar contaminantes tales como los que se indican en la figura 2 de la página 3.

### ¿Dará resultado esta técnica en cualquier lugar?

Con el enjuague del suelo in situ se obtienen resultados óptimos en lugares donde hay espacios en el suelo que permiten el paso de la solución de lavado. Si el suelo tiene un alto porcentaje de limo o arcilla, por ejemplo, la solución de enjuague no puede desplazarse fácilmente en su interior, de modo que no puede entrar en contacto fácilmente con los contaminantes. Eso limita la eficacia general del proceso de enjuague del suelo. Además, algunos líquidos de enjuague contienen aditivos que podrían contaminar el agua subterránea si no se retiran por completo.

En la selección de esta técnica influyen también los siguientes factores, entre otros:

- Se debe comprender bien el flujo del agua subterránea a fin de proyectar el sistema de pozos para un

lugar determinado. Posiblemente se necesiten extensos estudios sobre el terreno para lograr un conocimiento acabado del flujo del agua subterránea.

- Es necesario comprender bien la composición y posición de las capas subterráneas para prever el trayecto que seguirán el líquido de enjuague y los contaminantes y cerciorarse de que los contaminantes no se extiendan fuera del lugar donde se pueden recoger.
- Como el enjuague del suelo in situ se adapta al tratamiento de determinados contaminantes, no es muy eficaz para los suelos contaminados con una mezcla de sustancias peligrosas, como metales y aceites. Sería difícil preparar una solución de enjuague capaz de retirar eficazmente varios tipos diferentes de contaminantes al mismo tiempo.

### ¿Dónde se está usando el enjuague del suelo in situ?

En el cuadro 1 de la página 4 figuran algunos lugares para los cuales se ha seleccionado el enjuague del suelo in situ como método de tratamiento con recursos del *Superfund*.

**Figura 2**  
**Contaminantes que podrían tratarse con la técnica de enjuague del suelo in situ**

Contaminantes	Industrias donde se usa
Metales pesados (plomo, cobre, zinc)	Reciclaje de baterías, revestimientos metálicos
Solventes halogenados (tricloroetano)	Limpieza en seco, ensamblaje de aparatos electrónicos
Aromáticos (benceno, tolueno, cresol, fenol)	Tratamiento de maderas
Gasolina y fuel-oil	Petróleo, automóviles
Bifenilos policlorados y fenol clorado	Plaguicidas, herbicidas, energía eléctrica

*No todos los tipos de desechos y no todas las condiciones de los sitios son comparables. Es necesario investigar cada sitio y someterlo a pruebas por separado. Se deben emplear criterios científicos y técnicos para determinar si una técnica es apropiada para un sitio.*

### Cuadro 1

#### Ejemplos de lugares donde se usa la técnica de enjuague del suelo con recursos del *Superfund*\*

Nombre del sitio	Situación**	Tipo de instalación	Contaminantes
Lipari Landfill (Nueva Jersey)	En ejecución	Vertedero	Compuestos orgánicos volátiles, compuestos orgánicos semivolátiles, metales
Vineland Chemical (Nueva Jersey) Ninth Avenue Dump (Michigan)	En proyecto Concluido	Fabricación de plaguicidas Vertedero industrial	Metales Compuestos orgánicos volátiles, hidrocarburos poliaromáticos
Lee Chemical (Misuri) Idaho Pole Company (Montana)	En ejecución En proyecto	Recuperación de solventes Conservación de maderas	Compuestos orgánicos volátiles Compuestos orgánicos semivolátiles, hidrocarburos poliaromáticos
United Chrome Products (Oregón) Umatilla Army Depot (Oregón)	En ejecución Proyecto concluido	Cromado Almacenamiento de explosivos	Metales Explosivos, propulsantes

Si desea una lista de los sitios para los cuales se han usado o seleccionado técnicas de tratamiento innovadoras con recursos del *Superfund*, diríjase al NCEPI, cuya dirección figura en el recuadro a continuación, y solicite un ejemplar del documento titulado *Innovative Treatment Technologies: Annual Status Report (7th Ed.), EPA 542-R-95-008*. Hay una base de datos con más información sobre los sitios indicados en el *Annual Status Report*. La base de datos se puede recibir gratis por computadora; está en la cartelera electrónica con información sobre operaciones de limpieza del EPA (CLU-IN). Llame a CLU-IN, módem: 301-589-8366. El número de teléfono de CLU-IN para ayuda técnica es 301-589-8368. La base de datos también se puede comprar en disquetes. Consulte al NCEPI para más pormenores.

\* No todos los tipos de desechos y no todas las condiciones de los sitios son comparables. Es necesario investigar cada sitio y someterlo a pruebas por separado. Se deben emplear criterios científicos y técnicos para determinar si una técnica es apropiada para un sitio.

\*\* Hasta agosto de 1995.

#### Para más información:

Las publicaciones que se indican a continuación pueden obtenerse gratis del NCEPI. Para encargarlas, envíe su pedido por fax al 513-489-8695. Si al NCEPI no le quedan más ejemplares de alguno de estos documentos, puede dirigirse a otras fuentes. Escriba al NCEPI a la siguiente dirección:

National Center for Environmental Publications and Information (NCEPI)  
P.O. Box 42419  
Cincinnati, OH 45242

- *Selected Alternative and Innovative Treatment Technologies for Corrective Action and Site Remediation: A Bibliography of EPA Information Resources*, enero de 1995, EPA 542-B-95-001. **Bibliografía de publicaciones del EPA sobre técnicas de tratamiento innovadoras.**
- *Physical/Chemical Treatment Technology Resource Guide*, septiembre de 1994, EPA 542-B-94-008. **Bibliografía de publicaciones y otras fuentes de información sobre el enjuague del suelo in situ, el lavado del suelo, la extracción con solventes y otras técnicas de tratamiento innovadoras.**
- *Engineering Bulletin: In Situ Soil Flushing*, mayo de 1991, EPA 540-2-91-021.
- *Engineering Issue: Considerations in Deciding to Treat Contaminated Soils In Situ*, EPA 540-S-94-500.
- *In Situ Remediation Technology Status Report: Surfactant Enhancement*, EPA 542-K-94-003.
- *In Situ Remediation Technology Status Report: Cosolvents*, EPA 542-K-94-006.
- *WASTECH® Monograph on Soil Washing/Soil Flushing*, ISBN #1-883767-03-2. Puede obtenerse de la Academia Estadounidense de Ingenieros Ambientales, 130 Holiday Court, Annapolis, Maryland 21401; teléfono: 410-266-3311. Cuesta US\$49,95.

**AVISO:** Esta ficha técnica es solamente una fuente de orientación e información. No es su propósito crear derechos que puedan hacerse valer por vía judicial en Estados Unidos, ni se puede recurrir a esta ficha técnica con ese fin. El EPA también se reserva el derecho de cambiar estas pautas en cualquier momento sin avisar al público.